

## 능동카메라 환경에서의 특징기반의 이동물체 추적

오 종 안, 정 영 기

호남대학교 컴퓨터 공학과

전화: 062-940-5404 / 핸드폰: 017-660-2122

### Feature based Object Tracking from an Active Camera

Jong-An Oh, Young-Kee Jung

Dept. of Computer Engineering, Honam University

E-mail : lava2122@hanmail.net

#### Abstract

This paper describes a new feature based tracking system that can track moving objects with a pan-tilt camera. We extract corner features of the scene and tracks the features using filtering. The global motion energy caused by camera movement is eliminated by finding the maximal matching position between consecutive frames using pyramidal template matching. The region of moving object is segmented by clustering the motion trajectories and command the pan-tilt controller to follow the object such that the object will always lie at the center of the camera. The proposed system has demonstrated good performance for several video sequences.

#### I. 서론

최근 제한된 지역내의 이동물체 감시를 위한 무인감시 장치나 영상회의 시스템 등의 응용을 목적으로한 카메라 자동추적 시스템의 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 카메라 자동추적 시스템은 이동물체의 출현이 그다지 많지 않은 환경에서 동체의 존재를 자동으로 감지하고 이를 추적함으로써 인간의 역할을 대신하거나, 화자 움직임을 판단하고 이를 추적함으로써 대상물의 안정된 형상을 취득할수 있게 해준다. 일반적으로 능동 카메라에서의 추적방법은 영상내의 움

직임 에너지에 근거하여 추적을 행한다. 기존의 움직임 기반 추적시스템을 구현할 수 있으나 잡음에 민감하며, 영상에 초래되는 전반적인 환경변화 즉, 조도의 변화, 배경의 미세한 움직임 등에 적용하기 어려운 단점을 가진다. 특히, 배경의 움직임과 물체의 움직임을 안정적으로 구분하기 위하여 꼭지점 특징의 움직임 제적을 이용한다.

#### II. 제안된 이동물체 추적 알고리즘

제안된 추적 알고리즘 구성은 그림 1과 같이 카메라 움직임 계측, 특징추출 및 추적, 움직임 감지 및 필터링, 팬틸트 카메라 제어의 4단계로 나누어진다.

먼저 첫 번째 단계인 카메라 움직임 계측 단계에서는 현재영상  $I_t$ 와 이전영상  $I_{t-1}$ 간의 영상정합을 통해서 팬틸트 구동에 따른 카메라 이동량을 계산하게 된다. 계산량을 줄이기 위해서 피라미드방식에 의한 템플릿 매칭기법을 이용하였다. 특징추적 단계에서는 계산된 카메라 이동량을 현재 특징점 좌표에 더하여 카메라 움직임에 의한 광역움직임을 제거한 다음, 움직임이 보상된 좌표주변의 일정영역에서 상관정합기법을 이용하여 특징의 다음위치를 추적한다. 이때 상관정합을 위한 템플릿을 새로운 특징위치영역으로 갱신한다. 그리고 카메라 움직임을 고려하여 특징점들의 실제의 평균 움직임 거리를 계산한다. 그런다음 특징점들의 추적계적으로부터 평균 이동량을 계산한다. 영상의 움직임 정보를 반영하는 특징점으로부터 이동체를

배경과 구별하기 위하여 위에서 얻은 평균이동량을 사용하여 움직임모션과 정지모션을 구별한 후 정지모션을 제거하게 된다. 다음으로 움직임모션의 특징점들에서 평균거리에 대한 임의의 최대 및 최소의 임계값의 범위에서 필터링 하게된다. 마지막 단계로서 필터링된 특징점들의 중심위치를 구한 후 카메라 중심으로 이동하도록 카메라를 구동시킨다.

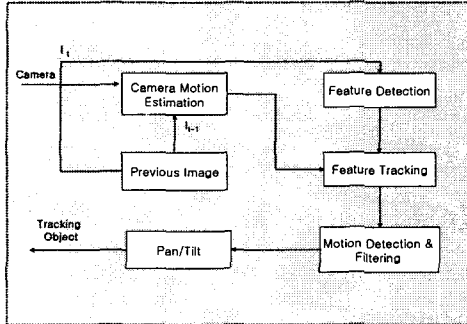


그림 1. 이동물체 추적 알고리즘의 구성도

### 2.1 카메라 움직임 계측

팬틸트에 의해 구동되는 카메라에 의해 영상이 수평(x), 수직(y)방향으로 이동되었으며 현재영상  $I_c$ 와 이전영상  $I_p$ 간의 영상정합을 통해서 카메라 이동량을 계산하게된다. 카메라 움직임과 독립적인 움직임의 양이 작다는 가정과 독립적인 움직임은 임의적이라는 가정하에 가장 확실한 템플릿 매칭방법은 영상전체를 비교하는 것이나 연산량이 많다는 단점이 있다.

실시간 추적을 위해서 본 논문에서는 2단계 과정의 피라미드방식을 사용하였다. 먼저 카메라 이동량  $d$ 를 계산하기 위해서 1/3 서브샘플링 영상의 정합을 통해 개략적 이동량을 구한 다음, 원 영상에 대해 최종 이동량을 구하였다.

서브샘플링된 영상은 다음과 같이 정의된다.

$$I_{ps}(m, n) = \frac{1}{9} \left( \sum_{i=3^*m}^{3^*m+23^*n+2} \sum_{j=3^*n}^{3^*n+23^*n+2} I_p(i, j) \right) \quad (1)$$

또한 카메라의 자동조리개(Auto Iris)의 영향으로 비교영상의 밝기가 틀리므로 이를 다음과 같이 정규화하여 비교한다.

$$I_{pn} = \frac{I_p}{|I_p|} \quad I_{cn} = \frac{I_c}{|I_c|} \quad (2)$$

서브샘플링된 영상  $I_{csn}$ ,  $I_{psn}$ 에 대해 정합한다.

$$\min_{(sx, sy) \in V} \sum_{m, n \in B} D[I_{csn}(m + sy, n + sx) - I_{psn}(m, n)] \quad (3)$$

위 식은 서브샘플링 영상에 대해  $D[\cdot]$ 가 최소가 되는 이동점  $sx, sy$ 를 찾는 것이다.  $V$ 는 탐색영역,  $B$ 는 비교영역이다. 함수  $D$ 는 두 영상간 차이를 구하는 함수가 되며 다음과 같이 두 픽셀간 절대값을 사용한다.

$$D[I_{cn}(m + y, n + x) - I_{pn}(m, n)] = |I_{cn}(m + y, n + x) - I_{pn}(m, n)| \quad (4)$$

원 영상  $I_c, I_p$ 에 대해 정합한다

$$\min_{(x, y) \in V} \sum_{m, n \in B} D[I_{cn}(m + y, n + x) - I_{pn}(m, n)] \quad (5)$$

여기서 탐색영역  $V$ 는  $I_{ps}, I_{cs}$ 으로부터 계산된 위치 이동값  $sx, sy$ 로부터 다음과 같이 결정된다.

$$V = \{(x, y) | sx-1 \leq x \leq sx+1, sy-1 \leq y \leq sy+1\} \quad (6)$$

비교영역  $B$ 는  $I_{ps}, I_{cs}$  비교영역의 3배 확대이다. 영상정합을 위한 비교영역  $B$ 의 계산 및 이동량 간의 관계를 보인다.

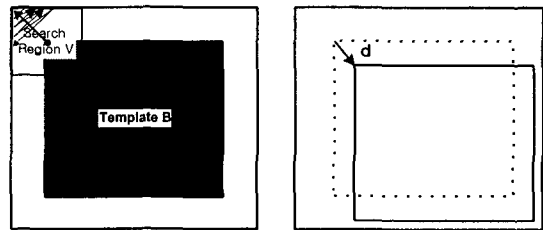


그림 2. 이미지 정합을 통한 카메라 움직임 추출

### 2.2 특징추출

특징추출에서는 입력된 영상에서 움직임으로 추정할 수 있는 부속 정보를 추출하기 위해 꼭지점 추출 영상처리 기법을 적용하여 움직임 물체의 특징점으로 추출하고 이 특징들을 추적한다. 꼭지점을 추출하기 위해 7x7 또는 9x9의 사각형 윈도우 영역을 x와 y 방향으로 미분을 취한후, 다음과 같은 2x2 Z행렬을 구한다.

$$Z = \begin{bmatrix} g_x^2 & g_x g_y \\ g_x g_y & g_y^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

이 행렬의 고유값(Eigenvalue)이  $\lambda_1$  과  $\lambda_2$ 라고 할 때, 두 값이 크게되면 이 영역은 x 및 y방향으로 영상의 밝기 변화가 큰 꼭지점을 나타낸다. 따라서 두 값의 최소값이 주어진 임계값 FTH(Feature Threshold) 이상이면 특징으로 검출된다[1][2].

### 2.3 특징추적

특징추적 단계에서는 하나의 꼭지점 특징이 추출되면, 그 다음의 새로운 이미지에서 발견될 수 있는 위치를 추적할 수 있도록 현재의 특징점 위치에서 일정 영역을 충분히 설정해준 다음 현재의 위치에서 정규화된 상관정합을 이용하여 특징의 위치를 찾는다. 이때, 상관정합을 위한 템플리트를 새로운 특징위치 영역으로 갱신한다. 그런다음 계산된 카메라 이동량을 현재 특징점 좌표에 더하여 카메라 움직임에 의한 이동량을 보정해주며, 특징점 추적을 하기위해서 위 과정을 반복하게된다[3][4][5].

### 2.4 움직임 추출 및 필터링

영상의 움직임 정보를 반영하는 특징점으로부터 이동체를 배경과 구별하기 위하여 특징추적단계에서 계산되어진 이동량을 사용하여 움직임모션과 정지모션을 구별한 후 정지모션을 제거하게 된다.

다음과 같은 단계로 특징점들의 움직임을 판별한다.

1) 현재 이미지와 이전 이미지의 특징점들의 움직임 거리를 계산한다. 계산되어진 D(움직임 거리)가 임의의 임계값 이상이면 움직임으로 판별하게 된다.

$$D = \sqrt{(CF_x - PF_x)^2 + (CF_y - PF_y)^2} \quad (8)$$

\* D(움직임 거리), CFx(현재 이미지의 특징점 x), PFx(이전 이미지의 특징점 x), CFy(이전 이미지의 특징점 y), PFy(이전 이미지의 특징점 y)

2) 특징점 D(움직임 거리)의 평균 움직임을 거리를 계산한다.

$$FM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i \quad (9)$$

\* FM(특징점의 움직임 거리의 평균)

3) 특징점들의 평균 움직임 거리의 평균값을 계산한다.

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N FM_i \quad (10)$$

\* M(평균 움직임 거리의 평균값)

4) M(평균 움직임 거리의 평균값)의 값의 최대와 최소의 임계값 범위의 특징점들만 필터링한다.

$$\begin{aligned} TH_{LO} &= M * 0.5, TH_{HI} = M * 1.5 \\ TH_{LO} &\leq FM \leq TH_{HI} \end{aligned} \quad (11)$$

### 2.5 팬틸트 동작

본 시스템에서는 먼저 x축 방향의 신호를 처리한후 y축 방향의 신호를 처리하도록 하였다. 그림 3과같이 이미지를 3부분으로 구분하였다.

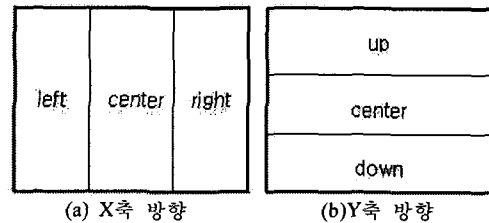


그림 3. 팬틸트 신호영역 구분

필터링을 통한 특징점들의 중심 위치가 그림 3과 같이 각각의 영역에 위치할 경우 중심 영역에 해당하는 팬틸트 구동신호를 시리얼 통신을 통해서 보낸다. 특징점들의 중심 위치는 면적중심법을 이용하여 계산하였다.

$$Cx = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N Fx, \quad Cy = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N Fy \quad (12)$$

\*Cx(x축 무게중심), Cy(y축 무게중심), Fx(특징점 x좌표), Fy(특징점 y좌표)

## III. 실험결과

다음 그림은 실내환경에서의 실험결과를 보여주고 있다. 카메라는 팬틸트와 연결되어 있으며, 최대 회전 속도는 약 1.92 rad/sec 이다.

그림 4는 6개의 고유값의 임계값 변화에 따른 특징점들을 보여주고 있다. 그림과 같이 높은 임계값을 갖

을수록 특징점이 줄어들는 것을 알수 있다. 본 논문에서는 고유값의 임계값 FTH로 1000을 사용하였다.

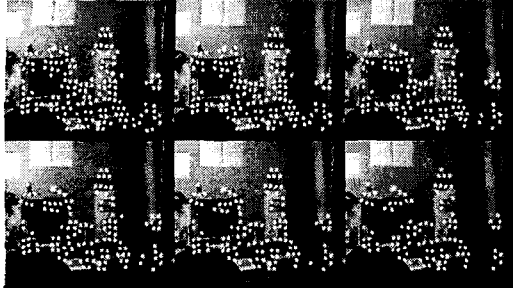


그림 4. 고유값의 임계값 변화에 따른 특징점(300~1600:+300)

다음 그림 5, 6은 카메라가 좌로 이동하고 있고, 사람은 아래방향으로 이동하는 상황에서의 특징추적결과이다. 그림 5는 광역움직임을 보상하기 전의 지역움직임과 광역 움직임을 보여주고 있으며, 그림 6은 광역움직임을 보정한 후의 광역움직임을 제거된 지역움직임만을 보여주고 있다.

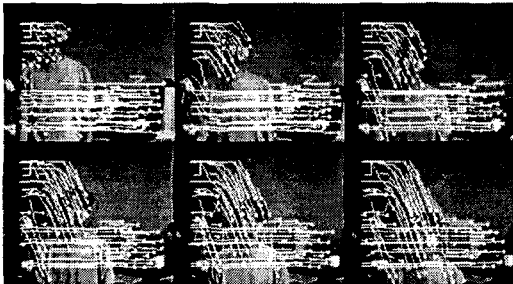


그림 5. 광역움직임 제거전 특징점

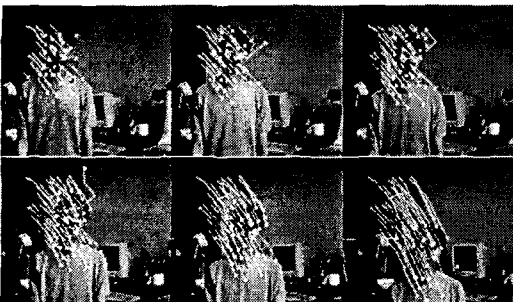


그림 6. 광역움직임 제거후 특징점

그림 7은 사람이 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 이동할 경우의 추적 결과를 보여주며 그림과 같이 카메라의 이동에 의한 광역움직임은 제거되고 지역움직임만을 보여주게된다. 팬틸트는 지역움직임의 중심위치로 이동하도록 되어 있다.

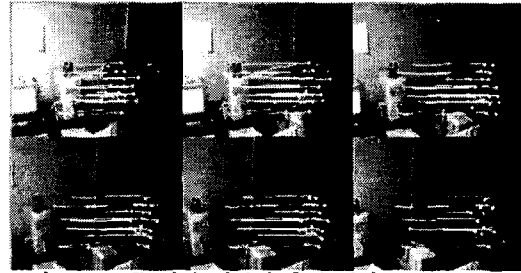


그림 7. 오른쪽 방향 이동시 추적 결과

#### IV. 결론

본 논문에서는 능동카메라 환경에서 카메라의 움직임에 의해 배경에서 유발되는 광역움직임과 물체에 의해 발생하는 지역움직임을 분리한 후 물체의 중심위치와 카메라의 중심이 일치되도록 카메라 팬틸트를 제어하여 물체를 추적하는 새로운 특징기반의 이동체 추적 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 실내환경에서 취득한 몇 개의 비디오 시퀀스에 적용하였으며, 단일의 이동체를 추적하는데 좋은 추적결과를 보였다.

#### V. 참고문헌

- [1] Forstner, W., Gulch, E., "A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners, and Centers of Circular of Features," Proc. of the Intercommission Conf. On Fast Processing of Photogrammetric Data, pp.281-305, 1987.
- [2] Beymer, D., McLauchlan, P., Malick, J., "A real-time computer vision system for measuring traffic parameters,"Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 12, pp.495-501, 1997.
- [3] Jung, Y.K., Ho, Y.S., "Robust Vehicle Detection and Tracking for Traffic Surveillance," Picture Coding Symposium'99, pp.227-230, 1999.
- [4] Rao, B.S.Y., Durrant-Whyte, H.F., Sheen, J.A., "A Fully Decentralized Multi-Sensor System For Tracking and Surveillance," The International Journal of Robotics Research, Vol. 12, pp.20-44, 1993.
- [5] McFalane, N., Scholfield, C., "Segmentation and Tracking of Piglets in Images,"Machine Vision and Application, Vol. 8, pp.187-193, 1995.